الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي وقانون مالس

هناك بعض المواد تسمح بمرور مركبة واحدة للمجال الكهربائي منها للموجة الكهرومغناطيسية بينما تمتص بقية المركبات . تسمى هذه المواد بالمواد المستقطبة (Polaroid material). يمر الضوء النافذ خلالها باتجاه معين يسمى محور النفاذ (transmission axis) بزاوية خاصة تعرف بزاوية الاستقطاب(polarization angle) .
تتفاعل هذه المواد مع الضوء بحيث تسمح بنفاذ الضوء خلالها مستقطبا خطيا (linear polarization) تصنع هذه المواد لاغراض مختبرية على شكل الواح تسمى الالواح القطيبة (Polaroid panels) .
لا يمكن تمييز الضوء المستقطب بالعين المجردة لكون القسم الممتص منه كمية قليلة.فلذلك يستعان بلوح قطيب ثاني امام اللوح الاول لتمييز الاستقطاب ، فيسمى اللوح الاول بالمستقطب(Polaroid) بينما يسمى اللوح الثاني بالمحلل (analyzer) كما في الشكل أدناه .فاذا كانت زاوية الاستقطاب بين اللوحين تساوي($\theta_o=0$) تكون الشدة للضوء النافذ في اقصى قيمة . اما اذا كانت زاوية الاستقطاب بين اللوحين تساوي ($\theta_o=90$) تكون الشدة للضوء النافذ في اقل قيمة.

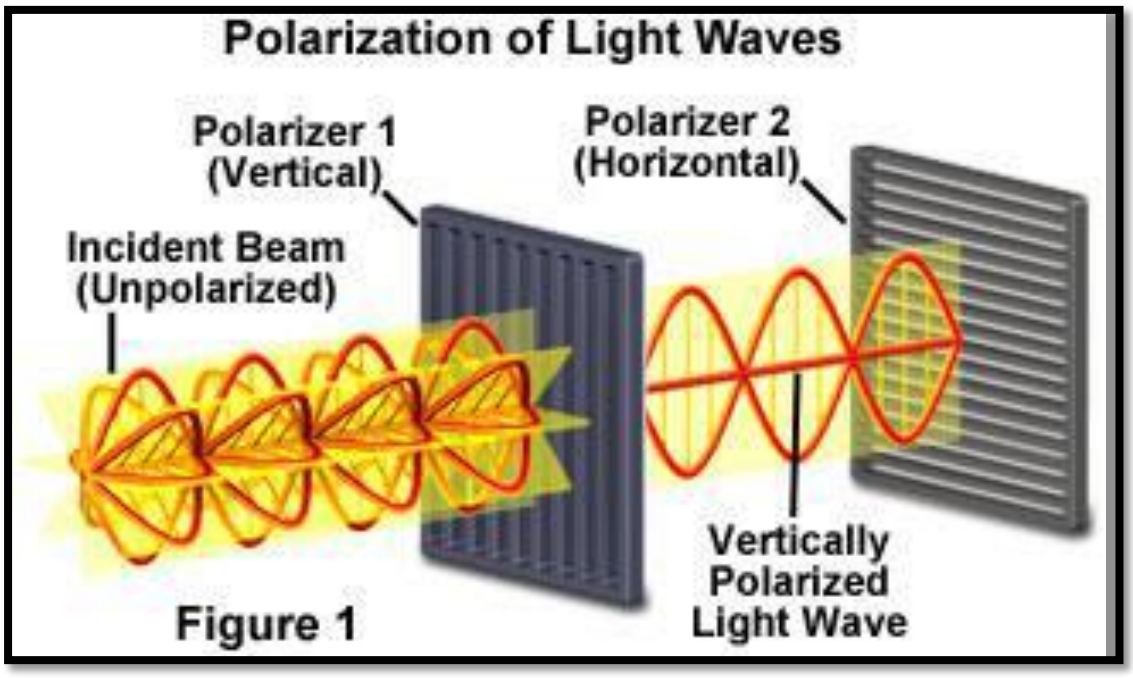
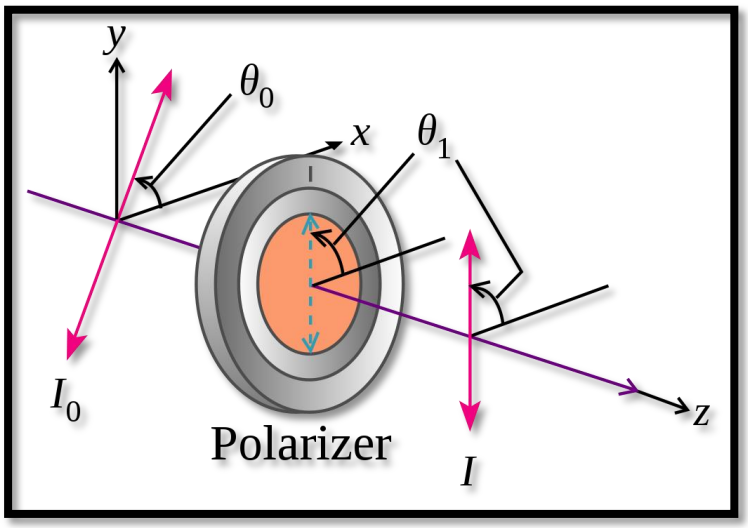


Figure 1

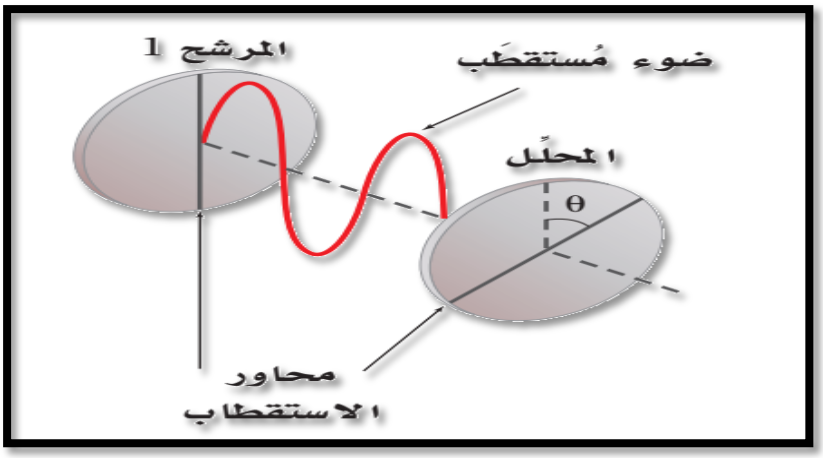
ان العلاقة التي تربط بين شدة الضوء المستقطب وزاوية الاستقطاب تدعى قانون مالوس (Malus Law) :

$$I = I \cos^2\boldsymbol{\theta}$$

و هو قانون يصف علاقة رياضية تربط بين شدة الموجة المستقطبة خطيا الرئيسية I_0 بعد عبور مرشح استقطابي وبين الزاوية $\boldsymbol{\theta}$ ، التي ينحني بها المرشح المستقطب:



يستخدم قانون مالوس للمقارنة بين شدة الضوء الخارج من مرشحّ الاستقطاب الثاني وشدة الضوء الخارج من مرشح الاستقطاب الأول، ومن ثمّ يمكن تحديد الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشحين، ويسمى مرشح الاستقطاب الذي يستخدم قانون مالوس لتحقيق ما تقدم بالمحلّل، وتستخدم المحللات لتحديد استقطاب الضوء المنبعث من أيّ مصدر ضوئي.



شدة الضوء الخارج من مرشح الاستقطاب الثاني I_2 تساوى شدة الضوء الخارج من مرشح الاستقطاب الأول I_1 مضروبا في مربع جيب تمام الزاوية المحصورة بين محوري استقطاب المرشحين.

ملاحظات مهمة

- يستخدم قانون مالوس للأضواء المستقطبة فقط.
- الضوء غير المستقطب يفقد نصف شدته عند مروره من مرشح استقطاب.

مثال :-

اذا اسقطت حزمة ضوئية مستقطبة شدتها I_o على محلل يصنع محورة زاوية 60^o مع الحزمة الساقطة ، فان شدة الضوء النافذ I من المحلل يساوي :

1- $I = 0.25\ I_o$
2- $I = 0.5\ I_o$
3- $I = 0.74\ I_o$
4- $I = 0.86\ I_o$

الاستقطاب بالانكسار المضاعف

تقسم الاوساط الفيزيائية إلى قسمين

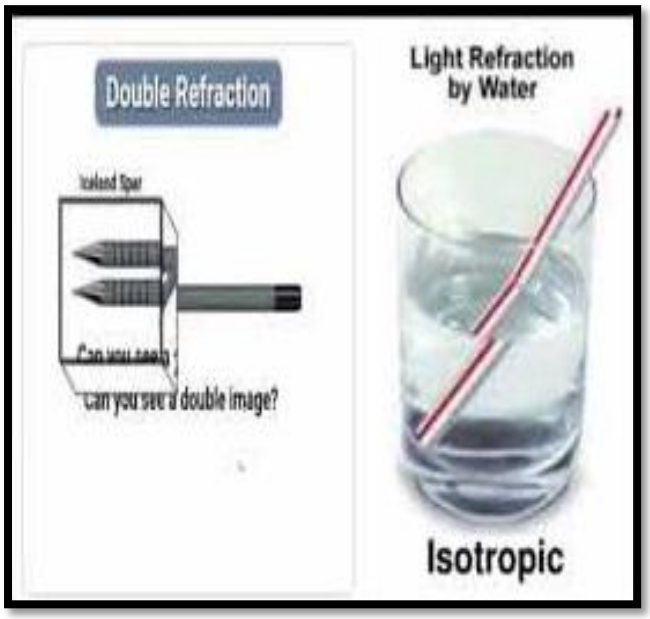
- متماثلة الخواص والتي لا تتغير مع الاتجاة (isotropic) كالغازات والسوائل.
- متباينة الخواص والتي تتغير مع الاتجاة (anisotropic) كبلورة الكلسيت.

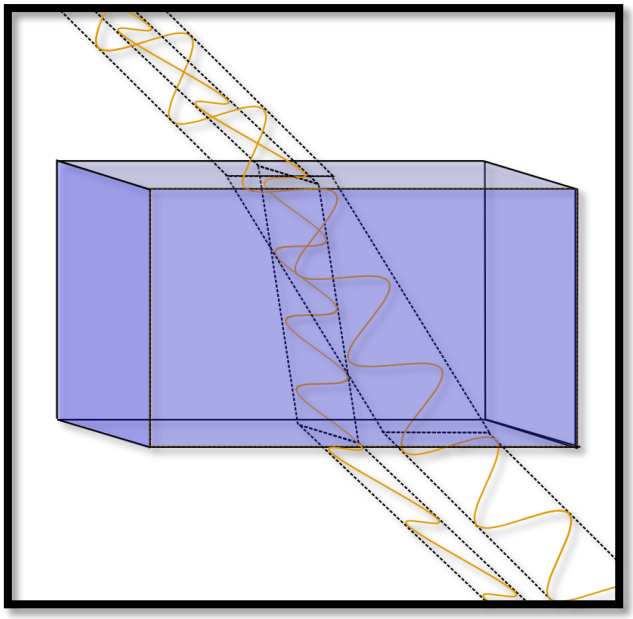
تتصف الأوساط متباينة الخواص بأنه يحدث فيها انكسار مضاعف (مزدوج). فإذا وضعت صفيحة من الكلسيت على رقعة من الورق الأبيض رُسمت عليها نقطة، فإنه يُرى لهذه النقطة صورتان . وحين تُدار الصفيحة في مستويها تظل إحدى الصورتين ثابتة في حين تدور الصورة الأخرى حولها. وتبطل ظاهرة الانكسار المضاعف عندما يسقط الضوء على البلورة وفق منحى يسمى «المحور الضوئي». وتوصف البلورة بأنها أحادية المحور إذا كان لها محور ضوئي واحد، وتوصف بأنها ثنائية المحور إذا كانت ذات محورين ضوئيين.
ويطلق على الأشعة المنكسرة التي تخضع لقانون سنيل (الأشعة العادية ordinary rays)، ويطلق على الأشعة المنكسرة التي لا تخضع لهذا القانون (الأشعة الشاذة extraordinary rays) وكل من الشعاعين العادي والشاذ يكون مستقطباً استقطاباً مستقيماً، غير أن اهتزازة الشعاع الشاذ تكون متعامدة مع اهتزازة الشعاع العادي التي تكون دائماً عمودية على المحور الضوئي.

ان الانكسار المزدوج هو انكسار الضوء إلى قسمين، كل قسم له استقطاب باتجاه معين. يحدث ذلك عند دخول الضوء إلى مادة لها خصائص ضوئية معينة مثل البلورات والتي تعمل على استقطاب الضوء.

كما نعلم يتكون شعاع الضوء من موجة كهرومغناطيسية، وفي الواقع تتكون الموجة الكهرومغناطيسية من موجتين متلازمتين بنفس طول الموجة :أحدهما تمثل المجال الكهربائي والأخرى تمثل المجال المغناطيسي وتلك هي طبيعة الضوء. يتعامد المجال الكهربائي مع المجال المغناطيسي ويلازمه في الاتجاه وفي طول الموجة. الا انه توجد مواد يمكنها فصل مركبة المجال الكهربائي عن مركبة المجال المغناطيسي، والناتج يكون شعاع ضوء مستقطب.

وقد يحدث الاستقطاب بانكسار الضوء، أيضا .إذ أنه يحدث عند عبور الأشعة الضوئية من مادة إلى مادة أخرى .عند السطح بين المادتين، يغير الشعاع طريقه، فيكتسب الشعاع المنكسر قدرا من الاستقطاب .وغالبا ما يحدث الاستقطاب على مستوي عمودي على السطح.





في معظم الأحيان، يوضح استقطاب الضوء المنكسر ، باستخدام بلورة خاصة تعمل عمل بلورة مضاعفة الانكسار مثل بلورة (كريستال أيسلندا- Iceland Spar) وهي مجموعة متنوعة شفافة من الكالسيت، تُظهر الانكسار المضاعف القوي والتي ينكسر الضوء الساقط فيها الى مسارين مختلفين.

ينقسم الضوء إلى حزمتين عند دخوله إلى البلورة .ومن ثم إذا شُاهدنا الجسم عبر النظر من خلال الكريستال، فستُرى صورتين .الصورتان هما نتيجة للانكسار المضاعف للضوء . كلا الحزمتين الضوئيتين المنكسرتين مستقطبتين، واحدة في اتجاه موازٍ للسطح وأخرى في اتجاه متعامد معه .وبما أن هذه الأشعة المنكسرة مستقطبة باتجاهين متعامدين، فمن الممكن استخدام فلتر استقطاب، لحجب أحدى الصورتين تماماً .

إذا اصطف محور استقطاب الفلتر عمودياً على مستوي الضوء المستقطب، فسيحجب الفلتر الضوء بالكامل، بينما تبقى الصورة الثانية واضحة .وإذا ادير الفلتر بزاوية 90 في أي من الاتجاهين، فستعود الصورة الثانية للظهور، بينما تختف الصورة الأول.

أخيرا، هذه المشاهدة المنظمة ليس من الممكن أن تشاهد أبدًا، لو أن الضوء لا يبدي سلوكا موجيا.